

Posibilidades de las librerías de Realidad Aumentada en el desarrollo de actividades educativas

Natali Salazar Mesia¹, Cecilia Sanz^{1,2}, Gladys Gorga¹

¹Instituto de Investigación en Informática LIDI.

Facultad de Informática – UNLP

²Investigador Asociado de la Comisión de Investigaciones

Científicas de la Provincia de Buenos Aires

{nsalazar, csanz, ggorga}@lidi.info.unlp.edu.ar

Resumen

En este trabajo se presenta un análisis de experiencias educativas con Realidad Aumentada (RA), recopiladas de la literatura. Para llevar a cabo este análisis se proponen dos dimensiones de análisis: una tecnológica que revisa aspectos de la plataforma de desarrollo, tipo de reconocimiento y licencia de diferentes librerías de RA; y otra educativa para la clasificación de actividades educativas según: los objetivos que persiguen desde el punto de vista cognitivo, la función didáctica y el rol del protagonista en la actividad. Estos criterios se aplican en el análisis de seis casos concretos. Los resultados obtenidos relacionados con el criterio educativo muestran que la función didáctica más recurrente es la motivación, seguida de la comprensión y la autoevaluación. En todos los casos el protagonista de la actividad es el alumno. En tanto que, en relación a los criterios tecnológicos, las librerías de RA presentan múltiples usos, con un predominio de experiencias basadas en el reconocimiento de marcadores. Este trabajo puede animar a los docentes a planificar sus propias actividades basadas en RA.

Palabras clave: Realidad Aumentada, Actividades educativas, librerías de Realidad Aumentada, experiencias educativas, herramientas de autor.

1 Introducción

El crecimiento de las tecnologías digitales a lo largo de estos últimos años ha permeado diferentes escenarios de la vida cotidiana. Su aplicación en contextos educativos permite

descubrir y desarrollar nuevos campos de acción [1].

La RA es una tecnología que complementa la percepción e interacción con el mundo real y posibilita vivenciar un entorno real aumentado, con información adicional generada por el ordenador. La información virtual, tiene que estar vinculada especialmente al mundo real, es decir, un objeto virtual, siempre debe aparecer en cierta ubicación relativa al objeto real. La visualización de la escena aumentada (mundo real + información sintética) debe hacerse de manera coherente [2] [3].

Existen numerosas experiencias que utilizan la RA en procesos educativos. En [4], se menciona que en educación superior hay diferentes aplicaciones que pueden ayudar a los estudiantes a comprender conceptos de Física, Matemática, Química, Medicina, por nombrar algunas disciplinas. Tal es el caso de la experiencia presentada en [5], donde se la integra para la enseñanza de cálculo diferencial, integral y vectorial. En [6] se integra la RA para la enseñanza de Física y en [7], en el contexto de temáticas vinculadas al Urbanismo.

En este trabajo se realiza un análisis de experiencias como las mencionadas en el párrafo previo, a la luz de una investigación sobre librerías de RA y una clasificación posible de actividades educativas. En particular, se aporta una propuesta de criterios de análisis que combinan la dimensión tecnológica y educativa y que se ponen en juego para la revisión de 6 casos concretos de actividades educativas con RA.

Así, las secciones del trabajo se organizan de la siguiente manera: en la sección 2 se estudian diferentes librerías de RA a partir de la definición de una serie de criterios

tecnológicos. En la sección 3 se introduce el concepto de actividades educativas y sus clasificaciones. Luego, en la sección 4 se describen 6 experiencias seleccionadas en las que se llevaron a cabo actividades educativas con RA; en la sección 5 se presenta una clasificación y análisis teniendo en cuenta los criterios definidos por los autores y se describen los principales resultados obtenidos. Finalmente, en la sección 6 se abordan las conclusiones y los trabajos futuros.

2 Librerías de Realidad Aumentada

Las librerías de RA son las que facilitan a un profesional del área informática desarrollar aplicaciones de RA, abstrayendo aspectos de bajo nivel tales como la captura e identificación de elementos del mundo real que disparan la escena aumentada [8].

En el marco de una investigación realizada por los autores, se abordó un relevamiento de un conjunto de librerías de RA. Se seleccionaron aquellas que cuentan con mayor documentación, permiten desarrollos para diferentes plataformas y disponen de diferentes licencias para utilizarlas.

Las 13 librerías seleccionadas son: *Vuforia*, *Wikitude*, *EasyAR*, *LayAR*, *KudanAR*, *ARMedia*, *DeepAR*, *MaxST*, *ARToolKit*, *XZIMG*, *VisionLib*, *ARKit* y *ARcore*. Para su análisis se consideró el tipo de reconocimiento que permiten, las plataformas sobre las que se ejecutan, las licencias que poseen y cuál es la última versión.

En la tabla 1 (todas las tablas se encuentran al final del artículo) se muestra un resumen de las librerías analizadas bajo estos criterios.

3 Actividades educativas y sus clasificaciones

Una actividad educativa se define como un procedimiento que tiene como finalidad facilitar el logro de objetivos educativos y la adquisición de habilidades y competencias [9]. La selección y uso de un extenso abanico de estrategias de enseñanza resulta clave para el aprendizaje por parte de los estudiantes. Las

actividades de enseñanza y aprendizaje son los medios por los cuales los estudiantes se involucran en su proceso de aprendizaje tanto desde el punto de vista cognitivo como afectivo. Así como existen numerosas actividades educativas, sus clasificaciones pueden ser variadas. En este trabajo se presentan tres clasificaciones consideradas a partir de una revisión bibliográfica del tema: según sus objetivos (operaciones cognitivas involucradas), su función didáctica y en quién están centradas [10] [11] [12].

Clasificaciones de actividades educativas

La primera clasificación categoriza a las actividades educativas según sus objetivos. Se pueden describir estos objetivos desde el punto de vista de las operaciones cognitivas que se involucran en el desarrollo de la actividad. Se siguió la taxonomía de Bloom para su descripción [10]. Así se distinguen los siguientes niveles: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación. Cada nivel avanza sobre operaciones de complejidad creciente.

La segunda clasificación para las actividades educativas considera la función didáctica que presentan [11]. Estas pueden ser de:

- Diagnóstico: orientada a identificar los conocimientos previos de los estudiantes y a activarlos.
- Motivación: orientada a que los estudiantes encuentren un sentido propio en los contenidos a abordar.
- Comprensión, Aplicación y Transferencia: enfocada a procesar, organizar, guardar y usar la información de lo aprendido.
- Ejercitación: enfocada a la práctica de actividades de diversos tipos y niveles de complejidad que permiten afianzar el aprendizaje.
- Repaso: orientada a una nueva lectura de un texto estudiado para analizarlo mejor o revisar una tarea hecha para identificar si persiste algún error o añadir algún dato.

- Integración: promueve la interrelación, integración y síntesis de distintos saberes abordados.
- Autoevaluación, evaluación o co-evaluación: ayuda a los estudiantes a saber cuánto han aprendido sobre el tema trabajado.

La tercera clasificación se enfoca en quién está centrada la actividad y fue tomada de [11]. Así la actividad puede estar:

- Centrada en la figura del docente: el docente tiene el rol protagónico de la actividad. Ejemplo: exposición, panel, demostración, conferencia, entre otros.
- Centradas en el estudiante: a su vez puede clasificarse en dos tipos de actividades:
 - Centradas en el individuo: estrategias de trabajo individual y práctica guiada. Ejemplos: mapas conceptuales, prácticas guiadas de trabajo de campo.
 - Centradas en el grupo: los estudiantes dividen/negocian las responsabilidades y tareas en cada miembro del grupo. Involucra el desarrollo de acciones con dinámicas grupales, como puede ser el trabajo colaborativo.
- Centradas en la tarea: todos los integrantes del grupo participan, pero solo se trata de resolver una tarea unívoca. Por ejemplo, se orientan a refinar hipótesis y, la opinión y fundamentación del alumno está supeditada a la resolución de la actividad.

4 Análisis de experiencias educativas con actividades de RA

A partir de una revisión bibliográfica de experiencias de RA en los últimos 5 años, se seleccionaron 6 casos para analizar. La selección se basó en la información explícita presentada en los artículos sobre los aspectos a analizar en este trabajo. Si bien, existen numerosas experiencias en la literatura se buscó aquellas con información completa respecto a los criterios educativos y la explicitación de la librería de RA utilizada. Las mismas han sido seleccionadas ya que realizan experiencias con estudiantes y hacen una descripción detallada tanto de la aplicación como

de la experiencia llevada a cabo. A continuación, se resumen las seis experiencias educativas objeto de análisis:

1. EPRA es un material educativo digital que utiliza RA para la enseñanza de conceptos básicos de programación, en particular, las estructuras de control. Contiene tres tipos de actividades que se clasifican según su función didáctica: las actividades de exploración proponen vivenciar nuevos conceptos; las de repaso tratan de reforzar la comprensión de los temas involucrados y la actividad de integración propone comparar y decidir el uso de estructuras de control en problemas concretos. Este material educativo utiliza RA basada en el reconocimiento de rostro y marcadores. La aplicación se desarrolló utilizando la librería *FLARToolKit* y está disponible para PC. Se realizaron varias experiencias en el aula con diferentes grupos de alumnos. Los resultados obtenidos, en relación con el impacto en el aprendizaje, a partir de evaluaciones de pretest y postest, muestran una mejora en la aplicación de las estructuras de control en problemas sencillos, por parte de los estudiantes. También se analizó el nivel de satisfacción que resultó alto con respecto a la experiencia. En general, los estudiantes brindan una perspectiva positiva en el uso de este material educativo [12].
2. EnseñaApp es una aplicación basada en el uso de RA para dispositivos móviles orientada a niños. Es un juego sencillo de preguntas y respuestas que se utiliza en el ámbito educativo para ofrecer a los alumnos una experiencia de aprendizaje enriquecida, en la que se involucran diversos sentidos y propone reforzar lo aprendido. Se utilizó la librería *Vuforia* con el *plugin* para Unity3D. Se llevó a cabo una experiencia de uso de la aplicación en una clase de primaria con 20 niños, que se separaron en dos grupos. Uno utilizó la aplicación y el otro realizó una experiencia similar en papel. Los resultados obtenidos permiten vislumbrar que los alumnos responden mayor cantidad de veces de forma correcta, cuando utilizan la aplicación que cuando responden la prueba

en papel. Para este caso, se demuestra que el alumno tiene un incremento de la motivación que le permite involucrarse más en el proceso de aprendizaje en relación con el grupo control [13].

3. Enseñanza de Física a través de una aplicación con RA. Se desarrolló con *Vuforia* y el *plugin* de Unity3D. Presenta algunos contenidos que se presentan de forma estática, como un texto para aumentar la escena, y otros de forma dinámica, como una animación con información aumentada. La experiencia se realizó con un grupo de 16 estudiantes. Se utilizó un pretest y postest para medir el impacto en el aprendizaje, y a partir de una encuesta realizada se midió el uso de la RA. Durante la experiencia, los estudiantes interactúan con la aplicación a través de un conjunto de botones con los cuales pueden elegir una opción que muestra y explica la estructura del átomo, cambiando entre contenido estático y dinámico. Los resultados obtenidos indican que la motivación es el punto fuerte y se observan mediciones de aprendizaje satisfactorias cuando se comparan los resultados del pretest y el postest. Se evaluaron específicamente las diferencias entre el contenido estático y dinámico que se trabaja en la experiencia y los resultados indican que el contenido dinámico dio lugar a un mejor resultado en términos de rendimiento [6].
4. RA para enseñar a volar un dron: se trata de una experiencia que se lleva a cabo con dos grupos de alumnos. Primero, se realizó una evaluación pretest para ambos grupos con 3 preguntas referidas a un dron. Luego, los alumnos se dividieron en 2 grupos. Un grupo interactuó con el contenido dinámico sin RA y otro grupo utiliza RA para analizar las partes de un dron. Al finalizar la actividad ambos grupos fueron evaluados con un postest de 18 preguntas para medir el impacto en el aprendizaje y el nivel de satisfacción obtenido. Los resultados demuestran que el segundo grupo, al disponer de contenido interactivo y con RA, mostró más conocimiento de los componentes de un dron. La aplicación que

contiene RA se desarrolló con *Unity 5* y la librería de RA usada fue *Vuforia* [14].

5. Enseñanza geolocalizada de proyectos urbanos es una aplicación desarrollada con el navegador Android para *LayAR* *SPRXmobile*. La experiencia trata de un caso de estudio referido al diseño de entornos urbanos a gran escala para estudiantes de postgrado. Se conformaron 3 grupos de trabajo. El rol de los estudiantes y docentes fue activo. Los estudiantes desarrollaron los proyectos de los edificios asignados en grupos de dos o de forma individual, en función de sus competencias informáticas. Los resultados obtenidos fueron positivos dado que el 100% de los estudiantes encontró útil la tecnología de RA y el software utilizado para el campo de la Arquitectura y la construcción, a pesar de no tener conocimientos previos acerca de las aplicaciones utilizada [7].
6. Construyendo el conocimiento (Ciencias Naturales): se realiza una experiencia que utiliza una herramienta llamada *Construyendo el conocimiento* para promover el aprendizaje activo en el aula. Esta herramienta se desarrolló con la librería *KudanAR*. Durante la experiencia los docentes y estudiantes deben configurar y cumplir con tres misiones: la misión de exploración, de colaboración y de juegos. Se realizó una experiencia con 10 docentes y 15 estudiantes en el área de Ciencias Naturales para evaluar la herramienta utilizada. Los estudiantes trabajaron en grupos para realizar cada una de las misiones propuestas por los docentes. Al finalizar se implementó una encuesta como instrumento de medición que arrojó resultados satisfactorios en cuanto a las características técnicas y de usabilidad de la aplicación. Una de las conclusiones de la experiencia indica que los docentes podrán dar soporte a sus clases y ampliar las temáticas abordadas en el aula con RA, permitiendo que los estudiantes sean los protagonistas de su proceso de aprendizaje. La motivación surge como principal aporte de la propuesta interactiva y los recursos de RA [15].

5 Análisis de las experiencias seleccionadas

En esta sección se presenta un análisis de las experiencias descritas en la sección anterior de acuerdo a los criterios tecnológicos y educativos ya mencionados.

Clasificación según criterios tecnológicos

En la tabla 2 se muestra la clasificación de las experiencias educativas, numeradas de 1 a 6, y se hace foco en el tipo de reconocimiento que utiliza cada una en relación al uso de RA.

Como se puede observar, de los 6 casos de estudio analizados el 50% utiliza la librería *Vuforia* con el *plugin* de *Unity* para el desarrollo de su aplicación. En cuanto a la plataforma, 4 de las experiencias utilizan dispositivos móviles mientras que solo dos usan una PC. Respecto al tipo de reconocimiento, el reconocimiento de marcadores es el más utilizado; pero se destacan particularmente, algunos usos del reconocimiento del rostro, de objetos 3D y geoposicionamiento que son alternativas incipientes en el campo de la RA. Otra de las características observadas es que en el 66% de los casos se utiliza el aumento de la escena real con la visualización de objetos 3D. En un caso se ha visto la incidencia de utilizar contenido dinámico versus estático, destacándose la mejora en el aprendizaje cuando los contenidos aumentados son dinámicos.

Clasificaciones según los criterios educativos

En la tabla 3 se muestra esta clasificación que retoma las experiencias educativas ya descritas y las organiza según: su función didáctica, los objetivos que persiguen desde el punto de vista cognitivo y en quién está centrada la actividad propuesta.

Se observa que la motivación es la principal función didáctica a la que se hace referencia explícitamente en los trabajos. En todos los casos, la incorporación de RA en las actividades propuestas tiene como objetivo motivar a los estudiantes para abordar y trabajar los contenidos. Así, es de interés profundizar en la investigación de los aspectos que impactan en la motivación de las actividades con RA. En

ninguna de las experiencias se observó la utilización de la función didáctica de diagnóstico. Se destaca que, en 3 de los casos, la visualización de modelos 3D en la escena aumentada impacta positivamente en el aprendizaje de los contenidos presentados. Además, el uso de dispositivos móviles es valorado positivamente por los estudiantes de diferentes ámbitos educativos vistos los casos estudiados.

En relación a la función didáctica, los docentes diseñan las actividades para la comprensión, aplicación y transferencia en todas las experiencias revisadas. Para evaluar las experiencias en 3 casos se utilizó pretest y postest, con el fin de medir el impacto en el aprendizaje, y se observa, en general, un resultado positivo, especialmente en aquellos contenidos que plantean interacción con marcadores y visualización de objetos 3D. Solo en la experiencia EPRA, se observa que una de las funciones didácticas de la actividad es la ejercitación. El repaso se tiene en cuenta en las actividades con EPRA y EnseñaApp, que plantean un formato de preguntas y respuestas, abordados de diferente modo y con diferentes tipos de reconocimiento de RA, y brindan un *feedback* al estudiante cuando resuelve la actividad. La función didáctica de autoevaluación se incluye en EPRA, EnseñaApp y Construyendo el conocimiento, en las cuales el esquema planteado propone diferentes niveles de complejidad y se abordan todos los saberes tratados. Esta característica le permite al alumno autoevaluarse.

En el análisis de los objetivos según las operaciones cognitivas a las que se orienta la actividad, se observa que en 4 de las 6 experiencias se plantea la recuperación de conocimientos previos, al proponer identificar, evocar y recuperar conocimiento. Cabe destacar que el objetivo de la comprensión de los temas abordados está presente en todas las experiencias analizadas. Los estudiantes utilizan los modelos 3D para profundizar la comprensión de los temas en el 66% de los casos, y en ellos se utilizan dispositivos móviles. Además los resultados, tanto del pretest y postest y de las encuestas de usabilidad

de las aplicaciones, muestran efectos positivos en la comprensión de los temas a partir de la experiencia con RA.

En cuanto al nivel cognitivo que se involucra al interactuar con la RA, se visualiza en 5 de las 6 experiencias revisadas que se propone aplicar, de alguna manera, los conocimientos abordados. Los resultados de las encuestas, muestran la importancia de estas actividades para la comprensión a partir de los resultados del postest. El 50% de las actividades proponen realizar la operación de análisis, como en los casos de EPRA, Enseñanza de Física y el proyecto de geolocalización urbana. También estas experiencias proponen evaluar los saberes abordados a partir de las actividades. En todos los casos, se clasifican como centradas en el estudiante. Más allá que, en particular, la mitad de los casos revisados propone tareas grupales, la mayoría cuenta con un momento de participación individual donde el estudiante interactúa con los contenidos aumentados. Si bien es el docente quien realiza la planificación didáctica de estas experiencias, solo en 2 de las 6, el docente se involucra activamente durante el desarrollo.

A partir de estos análisis se puede observar la manera en que se planifican y desarrollan las actividades educativas basadas en RA. Más allá que cada una propone diferentes instrumentos de evaluación y obtienen diferentes resultados, todas demuestran que el mayor impacto se vincula con la motivación del estudiante cuando utiliza RA. En general se observan buenos resultados respecto de la comprensión de los temas que se presentan y en todos los casos hay una interacción directa del alumno con la aplicación de RA. Cabe observar, que en general se trabaja con grupos reducidos de estudiantes.

Conclusiones y trabajos futuros

A partir de este trabajo, se presenta una revisión de librerías de RA, y una posible clasificación de actividades educativas, retomada del estudio de la literatura. Se definen los criterios para el análisis de 6 experiencias educativas con RA. A pesar que se trata de una muestra pequeña, es posible afirmar que en los casos revisados, se

utilizan marcadores principalmente para identificar y “disparar” la escena aumentada. Entre las librerías, se encontró que la más utilizada es *Vuforia*, y que solo dos de las librerías revisadas son de código abierto. También aparecen algunas actividades basadas en geoposicionamiento y en el reconocimiento de rostro, aunque no son la mayoría. Es de interés profundizar el estudio de este tipo de actividades educativas en futuros trabajos y ver con una muestra mayor de experiencias si estas observaciones se mantienen. A partir de las clasificaciones desde el punto de vista del eje educativo se puede afirmar que:

- a. Según la función didáctica: la motivación y la comprensión son las principales funciones didácticas de las actividades revisadas.
- b. Según los objetivos desde el punto de vista cognitivo: la recuperación del conocimiento, la comprensión y la autoevaluación son los principales objetivos en las actividades estudiadas.
- c. Según el rol del protagonista: las actividades se centran en los estudiantes quienes interactúan con las escenas aumentadas. Los docentes en general, acompañan y facilitan su desarrollo.

Por otra parte, las librerías abordadas en las experiencias tienen como objetivo principal trabajar la interacción del usuario con objetos virtuales aumentados. En estos casos, se analiza que esta interacción aumenta la motivación de los estudiantes para tratar los contenidos específicos. El análisis realizado en esta sección acerca de la relación entre los criterios tecnológicos y educativos que se describen en cada experiencia permite conocer los tipos de actividades que se realizan con las librerías de RA, el tipo de reconocimiento utilizado en cada caso, y de qué manera se alcanzan los objetivos planteados en cada una.

Los resultados obtenidos pueden aportar al análisis de otras actividades educativas con RA y animar a los docentes a planificar sus propias actividades con esta tecnología.

LIBRERÍAS	TIPOS DE RECONOCIMIENTO	PLATAFORMAS	LICENCIA	ÚLTIMA VERSIÓN
VUFORIA	Reconocimiento de texto y de imágenes. Detección y seguimiento simultáneo de diferentes patrones en la escena. Reconocimiento de diferentes objetos y ambientes. Utiliza VuMark	<i>Windows, Linux, Mac, iOS y Android. plugin para integrar Unity.</i>	Licencia comercial y gratuita	8.0 lanzada en febrero de 2019.
WIKITUDE	Seguimiento 3D sin marcadores, reconocimiento y seguimiento de objetos, de imágenes, de múltiples imágenes y seguimiento robusto. Geolocalización.	<i>iOS, Android, Windows Phone, Blackberry.</i>	Licencia comercial y gratuita	SDK 8 liberada en el 2018
EASYAR	Reconocimiento de objetos 3D, percepción del ambiente, reconocimiento en el Cloud de más de 1000 targets, de código QR, multitargets, smartglasses, paquete de aplicaciones en el Cloud	<i>Android, iOS, UWP y para desktop: Windows, Mac y Unity Editor.</i>	Licencia libre	<i>EasyAR</i> SDK 2.2.0 liberada en marzo de 2018
LAYAR	Reconocimiento de imagen, mapeo de elementos adicionales en la base de localización de usuario e imágenes reconocidas	iOS y Android.	Licencia de prueba y comercial	Versión 8.4.4 lanzada en 2016
KUDAN AR	Reconocimiento de imagen, mapeo de elementos adicionales en la base de localización de usuario e imágenes reconocidas, seguimiento sin objetivo.	iOS y Android	Licencia gratuita y comercial.	Se lanzó en mayo de 2018.
ARMEDIA	Reconocimiento de objetos 3D, imágenes y dispositivos de movimiento en tiempo real, marcadores fiduciales, información de localización GPS, procesamiento recibido de cámaras 3D.	<i>iOS y Android, y para desktop: Windows y MAC.</i>	Licencia gratuita y otra comercial	Se lanzó en el 2016.
DEEPAR	Seguimiento de rostros, detección múltiple de rostros, reconocimiento de emociones.	<i>iOS y Android para web con HTML 5 y para desktop: Windows</i>	Licencia de prueba y comercial.	Se lanzó en el 2018
MAXST	Seguimiento de imagen, seguimiento instantáneo, seguimiento sin marcador, seguimiento de objetos, escaneo de códigos de barra y QR. Ofrece dos herramientas diferentes para el reconocimiento de imágenes y de objetos.	<i>iOS y Android y para desktop: Windows y MAC.</i>	Licencia de prueba y comerciales	SDK 4.0 se liberó en marzo de 2018.
ARTOOLKIT	Seguimiento y orientación de la cámara, seguimiento de marcadores, seguimiento de imágenes.	<i>iOS y Android y para desktop: Windows, Linux y MAC.</i>	Código abierto y licencias comerciales	https://github.com/artoolkit están disponibles las últimas actualizaciones.
XZIMG	Cuenta con <i>Augmented Vision, Augmented Face y Magic Face.</i>	<i>iOS y Android y para desktop: Windows, Linux y MAC.</i>	Licencia de prueba y comercial	Se lanzó en el 2018.
VISIONLIB	Seguimiento basado en la detección y creación rápida de aplicaciones de RA	<i>iOS y Android. Para desktop: Windows</i>	Versión de prueba	Versión beta
APPLE ARKIT	Detección y seguimiento de imágenes 2D reconocimiento de objetos 3D, estimación de la iluminación ambiental, estimaciones de la escala, mapeo y localización simultánea y fusión de sensores.	<i>iOS, Metal y SceneKit</i>	Sistema operativo iOS 11	<i>ARKit 2</i> liberada en 2018.
GOOGLE ARCORE	Seguimiento e integración de la posición en tiempo real de objetos reales y virtuales, esto permite colocar objetos y texto, entre otros, dentro de un ambiente físico.	<i>iOS y Android</i>	Gratuito y de código abierto.	https://github.com/google-ar/arcore-android-sdk .

Tabla 1. Librerías de RA seleccionadas

	Librería	Plataforma	Tipo de reconocimiento	Características específicas
1	<i>FLARToolKit</i>	PC	Reconocimiento del rostro y de marcadores.	Visualización y seguimiento de imágenes 2D en el rostro e interacción con los marcadores.
2	<i>Vuforia</i>	Dispositivo móvil	Reconocimiento de marcadores.	Uso de marcadores especiales creados para la aplicación. Visualización de objetos 3D.
3	<i>Vuforia</i>	Dispositivo móvil	Reconocimiento de marcadores.	Visualización de objetos 3D.
4	<i>Vuforia</i>	Dispositivo móvil	Reconocimiento de objetos 3D.	Visualización de modelo virtual 3D.
5	<i>LayAR</i>	Dispositivo móvil y web	Reconocimiento de objetos 3D georeferenciados	Visualización modelo virtual 3D, posicionamiento geolocalizado,
6	<i>KudanAR</i>	PC	Reconocimiento de imágenes a través de marcadores	Asociación de imágenes a marcadores y almacenamiento de imágenes

Tabla 2. Experiencias de RA con tipos de reconocimiento de las librerías

Clasificación Experiencias	Según los objetivos						Según la función didáctica							Según el rol		
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3
1: EPRA	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	
2: EnseñaAPP	X	X	X			X		X	X		X	X	X		X	
3: Enseñanza de física		X		X				X	X						X	
4: Enseñar a volar un dron		X	X					X	X						X	X
5: Geolocalización	X	X	X	X				X	X			X		X	X	
6: Construyendo el conocimiento	X	X	X			X		X	X				X	X	X	X

Tabla 3. Clasificación desde la dimensión educativa: según nivel de objetivos cognitivos son: 1-Conocimiento, 2-Comprensión, 3-Aplicación, 4-Análisis, 5-Síntesis y 6-Evaluación; según la función didáctica son: 1-Diagnostico, 2-Motivación, 3-Comprensión, 4-Ejercitación, 5-Repaso, 6-Integración y 7-Autoevaluación; y según el rol: 1-Centrada en el docente, 2-Centrada en el estudiante y 3-Centrada en la tarea.

Referencias

- [1] Tallarico, B. (2017) El uso de la tecnología en el aula. Desarrollo histórico y aplicación. Reflexión Académica en Diseño y Comunicación N° XXX. Año XVIII, Vol. 30, Febrero 2017, Buenos Aires, Argentina ISSN: 1668-1673, pp. 78-82.
- [2] Milgram Kishino, P.; Takemura, H.; Utsumi, A.; y Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351, 282-292.
- [3] Azuma, R. (2001). Augmented Reality: Approaches and Technical Challenges, *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality*, W. Barfield, Th. Caudell (eds.), Mahwah, New Jersey, 2001, 27-63.
- [4] Peddie, J. (2017). Augmented Reality. Where we all will live. Ed. Springer. ISBN 978-3-319-54502-8
- [5] Pedraza Caballero, L., y Valbuena Duarte, S. (2014). Plataforma móvil con realidad aumentada para la enseñanza de los cálculos*. *Revista Ventana Informática*.
- [6] Díaz, C., Hincapié, M., y Moreno, G. (2015). How the type of content in educative augmented reality application affects the learning experience. *Proc. Computer Science*, 75, 205 - 212.
- [7] Redondo, E., Sanchez Riera, A., Fonseca, D., y Navarro, I. (2014). Enseñanza geolocalizada de los proyectos urbanos. Nuevas estrategias educativas con ayuda de dispositivos móviles. Un estudio de caso de investigación educativa, 8(24), 11-32.
- [8] Lee, R. (2017). Software engineering research, management and applications. Springer International Publishing.
- [9] Cooper, J. (1999). Estrategias de enseñanza. Guía para una mejor enseñanza. Limusa Noriega Editors.
- [10] Bloom, B. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals.
- [11] Sanz, C., y Zangara, A. (2013). Las e-actividades como elemento central en el diseño de propuestas de educación mediada. I Jornadas Nacionales de TIC e Innovación en el Aula.
- [12] Salazar Mesia, N., Gorga, G., y Sanz, C. (2016). Experiencia de enseñanza de programación con realidad aumentada. *Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática JENUI 2016*. Almería, España (3300-008612/18-000), 213-220.
- [13] Castellano Brasero, T., y Santacruz Valencia, L. (2018). Enseñapp: Aplicación educativa de realidad aumentada para el primer ciclo de educación primaria. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología* (21), e01.
- [14] Salamanca Diaz, D. (2015). Creating educational content with augmented reality applying principles of the cognitive theory of multimedia learning: Comparative study to teach how to fly a drone (quadcopter). En 2015 10th Computing Colombian Conference, 456-462.
- [15] Molina, E., Muñoz, A., y González, C. (2016). Herramienta didáctica con realidad aumentada para soportar el aprendizaje activo en el aula. *Recursos Educativos Aumentados. Una oportunidad para la inclusión*, 44-55.